

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-192900

(43)Date of publication of application : 28.07.1995

(51)Int.Cl.

H05H 13/04

(21)Application number : 05-347235

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.12.1993

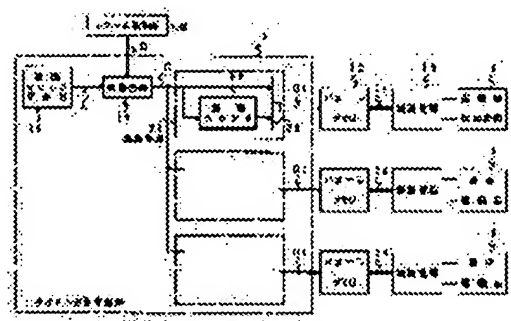
(72)Inventor : SHIMOUCHI YUUZOU

## (54) TIMING CONTROL DEVICE FOR PARTICLE ACCELERATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To facilitate the correction by separately setting a timing for renew of the operation reference value per each equipment, which is to be controlled, on the basis of a predetermined synchronous clock.

**CONSTITUTION:** A reference clock generating unit 10 outputs the reference clock as a reference of timing of the all operation of an acceleration timing control system. Cycle of the clock A is used as a cycle for renewing the operation reference value E, and set at a cycle, with which a control power source 13 for receiving the reference values E1-E3 for operation and each equipment to be controlled can be operated. A system control system 8 controls the whole of a particle accelerator system, and inputs the start pulse B into a timing device 9 to command the starting of acceleration. A cycle circuit 11 takes the cycle of the clocks A, B, and outputs it to each delay means 21. Each delay means 21 outputs the signal for counting the clock, in which the delay time separately set is input, with a delay counter 22 and for turning on. An AND circuit 23 takes this signal and the logical product of the cycle clock to output pattern clocks D1-D3 for correction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-192900

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 5 H 13/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

N 9014-2G

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平5-347235  
(22) 出願日 平成5年(1993)12月27日

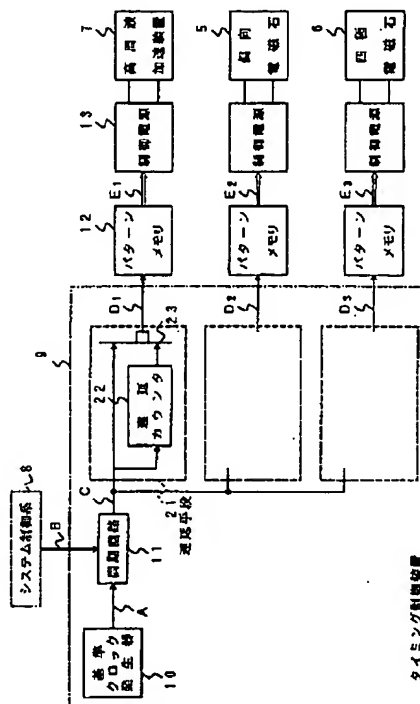
(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
(72) 発明者 下内 雄三  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中工場内  
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 粒子加速器のタイミング制御装置

(57) 【要約】

【目的】本発明は、追従性の異なる複数の制御対象機器に対してその補正を容易に行え、加速に要する時間を容易に変更できることを最も主要な目的とする。

【構成】荷電粒子入射器から入射される荷電粒子ビームを所定エネルギーへ加速するための加速装置と、荷電粒子ビームが所定の軌道を周回するように偏向・収束させるための電磁石とを備えた加速・蓄積リングからなる粒子加速器の、加速に関する制御対象機器の動作を制御する粒子加速器のタイミング制御装置において、加速に関する制御対象機器の動作基準値を更新するタイミングの基準となる基準クロックを出力する基準クロック発生手段と、基準クロックと加速開始を示すスタートパルスとの同期をとって、同期クロックを出力する同期手段と、制御対象機器と同数設けられ、同期クロックを基準にして、動作基準値を更新するタイミングを制御対象機器毎に独立に設定できる遅延手段とを備えることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子入射器から入射される荷電粒子ビームを所定のエネルギーへ加速するための加速装置と、前記荷電粒子ビームが所定の軌道を周回するように偏向・収束させるための電磁石とを備えた加速・蓄積リングからなる粒子加速器における、加速に関する複数の制御対象機器の動作を制御する粒子加速器のタイミング制御装置において、

前記加速に関する複数の制御対象機器の動作基準値を更新するタイミングの基準となる基準クロックを出力する基準クロック発生手段と、

前記基準クロック発生手段から出力される基準クロックと、加速開始を示すスタートパルスとの同期をとって、同期クロックを出力する同期手段と、

前記制御対象機器と同数だけ設けられ、前記同期手段から出力される同期クロックを基準にして、前記動作基準値を更新するタイミングを各制御対象機器毎に独立に設定できる遅延手段と、

を備えて成ることを特徴とする粒子加速器のタイミング制御装置。

【請求項2】 前記請求項1に記載の粒子加速器のタイミング制御装置において、前記各遅延手段に対応して設けられ、対応する遅延手段から出力されるクロックを前記動作基準値の更新の周期に分周する分周手段を付加して成ることを特徴とする粒子加速器のタイミング制御装置。

【請求項3】 前記請求項2に記載の粒子加速器のタイミング制御装置において、前記各分周手段に、その分周比を任意に切り替えられる機能を付加して成ることを特徴とする粒子加速器のタイミング制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば電子等の荷電粒子を加速・蓄積する粒子加速器において、高速、高精度、高再現性で動作する必要のある制御対象機器のタイミングを制御する装置に係り、特に制御対象機器の追従性が異なる場合においても、それらの相対的な偏差を最小に抑えられるようにした粒子加速器のタイミング制御装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図6は、この種の粒子加速器の構成例を示す概要図である。

【0003】図6において、荷電粒子入射器1は、例えば荷電粒子源と線形加速器とからなり、所定の運動エネルギーを持つ荷電粒子、例えば電子のビームを出力する。この荷電粒子入射器1から出力された荷電粒子ビームは、静電インフレクター2によって静電偏向を受け、加速・蓄積リング3の真空ダクト4内の所定軌道に対して、接続方向から入射する。

【0004】一方、加速・蓄積リング3には、偏向電磁石5が図示の部位に複数個配置されており、これによって荷電粒子入射器1から入射した荷電粒子ビームを偏向させる。また、四極電磁石6が図示の部位に配置されており、これによってその荷電粒子ビームを収束させる。

【0005】すなわち、荷電粒子ビームは、これらの電磁石5、6が発生する磁場によって、真空ダクト4内の所定の軌道内に収まるように制御される。

【0006】なお、図示したもの他に、六極電磁石等も設置されているが、図および説明を簡単にする便宜上、ここでは省略している。

【0007】一方、高周波加速装置7内には、あらかじめ高周波電場が形成されており、これによって荷電粒子ビームには、周回軌道を回る時に電磁波として失われるエネルギー、もしくはそれ以上のエネルギーが与えられる。そして、この失われるエネルギーに等しいエネルギーが与えられれば、荷電粒子ビームは、一定のエネルギーで周回する。また、それ以上のエネルギーが与えられれば、荷電粒子ビームは、徐々に加速されることになる。

【0008】上記のようにして、荷電粒子ビームを加速すると、荷電粒子ビームは次第に所定の軌道の外側を周るようになり、ついには真空ダクト4の壁に当たって消滅してしまう。

【0009】従って、高周波加速装置7によって加速を行なう場合には、それに合わせて偏向電磁石5、および四極電磁石6の磁場を強めて、荷電粒子ビームが所定軌道に収まるように制御する必要がある。

【0010】以下に、荷電粒子ビームを加速する際の加速装置や電磁石等の制御対象機器の動作タイミングを制御するタイミング制御装置の従来例について説明する。

【0011】図7は、この種の従来の粒子加速器のタイミング制御装置の構成例を示すブロック図である。

【0012】図7において、システム制御系8は、前記図6に示した粒子加速器システム全体の制御系であり、加速開始指令に相当するスタートパルスをタイミング制御装置9へ入力する。

【0013】一方、タイミング制御装置9において、基準クロック発生器10は、一般に水晶発振器と分周器とから構成されており、水晶発振器で発生したクロック信号を、分周器により分周して基準クロックを出力する。この基準クロックの周期は、後述する制御対象機器への動作基準値の更新周期に等しく、その制御対象機器が動作できる周期から決定される。

【0014】また、同期回路11は、基準クロック発生器10からの基準クロックと、システム制御系8から入力されるスタートパルスとの同期をとって、同期クロックを出力する。そして、この同期クロックは、タイミング制御装置9からファンアウトされ、パターンメモリ12へ入力される。

【0015】一方、パターンメモリ12には、制御対象機器への動作基準値が時系列的に記憶されており、同期クロックが入力する毎に、順次その動作基準値を、制御対象機器であるところの制御電源13へ出力する。

【0016】また、制御電源13は、高周波加速装置7の電源、偏向電磁石5の電源、四極電磁石6の電源等であり、それぞれの動作基準値は、加速電圧基準値、偏向電磁石コイル電流基準値、四極電磁石コイル電流基準値等となる。

【0017】これらの動作基準値は、正確を期すためにデジタル信号でパターンメモリ12から出力され、各制御電源13においてステップ状のアナログ信号に変換され、さらにフィルター等によりランプ状の信号にしている。そして、これを基準にして、加速装置や電磁石等の制御対象機器の動作値を制御することにより、加速に際しての各制御対象機器の動作の歩調をとっている。

【0018】なお、六極電磁石等も同様に制御されるが、ここでは説明の簡単化のために省略している。

【0019】前述したように、従来の粒子加速器のタイミング制御装置9は、同期クロックをファンアウトするだけであるので、各パターンメモリ12から各制御電源13への動作基準値は、相互に同期して更新される。

【0020】しかしながら、各制御電源13では、従来からフィードバック制御を行っており、また制御される加速装置や電磁石等の制御対象機器も、各々の追従性に差がある。そのため、動作基準値と実際の動作値との間にずれが生じる。

【0021】図8は、かかる動作基準値と実際の動作値との関係の一例を示す図である。

【0022】図8において、 $R_A$ 、 $R_B$ はパターンメモリ12から出力される動作基準値、 $r_A$ 、 $r_B$ は制御電源13内でランプ状に変換された動作基準値、 $x_A$ 、 $x_B$ はそれぞれの制御対象機器の実際の動作値を表わしている。ただし、ここでは説明の簡単化のために、制御対象機器A、Bの2つについてのみ表わしている。

【0023】制御対象機器A、Bそれぞれに対応するパターンメモリ12へ入力される同期クロックは、全く同じものなので、図8に示したように、パターンメモリ12からの動作基準値 $R_A$ 、 $R_B$ は相互に同期して更新される。従って、各制御対象機器の動作値 $x_A$ 、 $x_B$ は、ランプ状に変換された動作基準値 $r_A$ 、 $r_B$ に重なるように変化するのが理想的である。

【0024】しかしながら、実際には、前述したように、動作値は動作基準値よりも遅れ時間 $\Delta t_A$ 、 $\Delta t_B$ だけ遅れ、各制御対象機器毎に異なる追従偏差 $\epsilon_A$ 、 $\epsilon_B$ が生じる。特に、 $t_0$ の時点に注目すると、制御対象機器Aは既に立ち上がっているが、制御対象機器Bは殆ど立ち上がっていない。そして、このようなバランスは、荷電粒子ビームを所定軌道内で周回させることの妨げとなる。

【0025】そこで、従来では、このようなアンバランスには再現性があることから、何回も入射・加速を繰り返しながら、制御電源13のフィードバック制御のパラメータを調整したり、パターンメモリ12のデータを調整して補正を行なっている。

【0026】しかしながら、いずれも大変手間がかかり、合理的でない。

【0027】また、粒子加速器システムの運用の初期には、詳細な運転データの収集等の目的で、荷電粒子ビームの加速に要する時間を変える必要が生じることがある。そして、この時、従来のタイミング制御装置9では、基準クロックAの周期を変えたり、パターンメモリ12の動作基準値データの変更を行なったりする必要があり、これらの作業も手間がかかるものである。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の粒子加速器のタイミング制御装置においては、追従性の異なる複数の制御対象機器に対してその補正を容易に行なえないばかりでなく、加速に要する時間を容易に変更することができないという問題があった。

【0029】本発明の目的は、追従性の異なる複数の制御対象機器に対してその補正を容易に行なうことができると共に、加速に要する時間を容易に変更することが可能な極めて信頼性の高い粒子加速器のタイミング制御装置を提供することにある。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、まず、請求項1に係る発明では、荷電粒子入射器から入射される荷電粒子ビームを所定のエネルギーへ加速するための加速装置と、荷電粒子ビームが所定の軌道を周回するように偏向・収束させるための電磁石とを備えた加速・蓄積リングからなる粒子加速器における、加速に関する複数の制御対象機器の動作を制御する粒子加速器のタイミング制御装置において、加速に関する複数の制御対象機器の動作基準値を更新するタイミングの基準となる基準クロックを出力する基準クロック発生手段と、基準クロック発生手段から出力される基準クロックと、加速開始を示すスタートパルスとの同期をとって、同期クロックを出力する同期手段と、制御対象機器と同数だけ設けられ、同期手段から出力される同期クロックを基準にして、動作基準値を更新するタイミングを各制御対象機器毎に独立に設定できる遅延手段とを備えて構成している。

【0031】また、請求項2に係る発明では、上記請求項1に記載の粒子加速器のタイミング制御装置において、各遅延手段に対応して設けられ、対応する遅延手段から出力されるクロックを動作基準値の更新の周期に分周する分周手段を付加している。

【0032】さらに、請求項3に係る発明では、上記請求項2に記載の粒子加速器のタイミング制御装置におい

て、各分周手段に、その分周比を任意に切り替えられる機能を付加している。

#### 【0033】

【作用】従って、まず、請求項1に係る発明の粒子加速器のタイミング制御装置においては、基準クロック発生手段で、加速に関する複数の制御対象機器の動作基準値を更新するタイミングの基準となる基準クロックを出力する。この基準クロックの周期は、前述と同様に、動作基準値を更新する周期と等しいものとする。

【0034】次に、同期手段において、この基準クロックと加速開始を示すスタートパルスとの同期をとり、同期クロックを出力する。この同期クロックは、制御対象機器と同数だけ設けられた遅延手段へ入力される。各遅延手段では、この同期クロックを基準に、あらかじめ各々独立に設定される遅延時間を計数した後に、その同期クロックを出力する。そして、この遅延された同期クロックを本タイミング制御装置から出力して、パターンメモリへ入力する。

【0035】このように、各々独立に遅延を加えられた同期クロックを、パターンメモリへ入力して動作基準値を更新することにより、各制御対象機器への動作基準値の立ち上がりのタイミングを、基準クロックの周期の分解能で各々独立に設定することができる。

【0036】すなわち、追従性の遅い制御対象機器への動作基準値の立ち上がり、追従性の速いものより前にすることができ、相対的な追従性のアンバランスをタイミング制御装置で補正することができる。

【0037】一方、請求項2に係る発明の粒子加速器のタイミング制御装置においては、基準クロック発生手段が出力する基準クロックの同期を、動作基準値の更新の周期より充分速いものとした上で、上記請求項1の場合と同様に、同期をとって遅延を加える。そして、この遅延を加えられた同期クロックを、分周手段によって動作基準値の更新の周期まで分周して、パターンメモリへ出力する。

【0038】このように、分周する前の速い同期クロックを基準に、遅延時間を計数することにより、動作基準値の更新の同期よりも細かい分解能で遅延時間を設定することができる。

【0039】すなわち、より精密に追従性のアンバランスを補正することができる。

【0040】さらに、請求項3に係る発明の粒子加速器のタイミング制御装置においては、上記請求項2で付加した分周手段の分周比を任意に切り換えられるものとする。このように、動作基準値の更新の周期を変えることができる。

【0041】すなわち、より分周比を大きくすれば、動作基準値の更新の周期が長くなり、また分周比を小さくすれば、動作基準値の更新の周期が短くなる。

【0042】これを用いることで、加速に要する時間を

調整することができる。

#### 【0043】

【実施例】以下、本発明の一実施例について図面を参照して詳細に説明する。

【0044】まず、請求項1に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の一実施例について述べる。

【0045】図1は、請求項1に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の全体構成例を示すブロック図であり、図7と同一部分には同一符号を付して示している。

【0046】すなわち、本実施例の粒子加速器のタイミング制御装置9は、図1に示すように、基準クロック発生器10と、同期回路11と、遅延手段21とから構成している。

【0047】ここで、基準クロック発生器10は、例えば水晶発振器と分周器とからなり、水晶発振器で発生したクロック信号を、分周器により分周して基準クロックAを出力するものである。

【0048】また、同期回路11は、基準クロック発生器10から出力される基準クロックAと、システム制御系8からの加速開始を示すスタートパルスBとの同期をとり、同期クロックCを出力するものである。

【0049】さらに、遅延手段21は、図1に示すように、制御対象機器と同数だけ設けられ、遅延カウンタ22と、論理積(AND)回路23とからなる。

【0050】遅延カウンタ22は、同期回路11から出力される同期クロックCを所定数だけ計数するものであり、また論理積回路23は、同期回路11から出力される同期クロックCと、遅延カウンタ22からの出力との論理積をとり、パターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>を出力するものである。

【0051】すなわち、遅延手段21は、遅延カウンタ22で同期クロックCを所定数だけ計数した後に、パターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>を出力するものである。

【0052】一方、上記タイミング制御装置9からの出力を入力とするパターンメモリ12は、各制御対象機器毎に設けられる。

【0053】各パターンメモリ12には、対応する各制御対象機器の動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>が時系列的に記憶されており、パターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>が入力される毎に、その動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を順次出力するものである。

【0054】また、制御電源13は、パターンメモリ12から出力される動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を基準に、各制御対象機器の動作値を制御するものである。

【0055】なお、以後では、説明の簡単化のため、本実施例における制御対象機器は、高周波加速装置7、偏向電磁石5、四極電磁石6の3つとし、加速に関わる他の制御対象機器については省略することにする。

【0056】次に、以上のように構成した本実施例の粒

子加速器のタイミング制御装置9の動作について、図2に示すタイミングチャート図を用いて説明する。

【0057】まず、基準クロック発生器10は、図1に示した加速タイミング制御系の全ての動作のタイミングの基準となる基準クロックAを出力する。

【0058】この場合、本実施例では、基準クロックAの周期は、そのままパターンメモリ12からの動作基準値Eの更新の周期とする。従って、その周期は、動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を出力する各パターンメモリ12、およびその動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を受けて動作する各制御電源13、および各制御対象機器の動作できる周期から設定される。

【0059】一方、システム制御系8は、本タイミング制御系を含む粒子加速器システム全体の制御系であり、加速開始を指令するスタートパルスBを本タイミング制御装置9へ入力する。

【0060】また、同期回路11は、このスタートパルスBと、基準クロック発生器10から出力される基準クロックAとの同期をとり、同期クロックCとして、制御対象機器と同数設けられた各遅延手段21へ出力する。

【0061】さらに、各遅延手段21では、まず、遅延カウンタ22において、あらかじめ各々独立に設定されている遅延時間t<sub>1</sub>～t<sub>3</sub>を、前述した同期クロックCを基準に計数する。そして、各遅延カウンタ22は、各遅延時間t<sub>1</sub>～t<sub>3</sub>まで計数すると、ONする信号を出力する。また、論理積回路23は、この信号と同期クロックCとの論理積をとって、パターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>として出力する。

【0062】この場合、各遅延時間t<sub>1</sub>～t<sub>3</sub>は、それぞれに対応する制御対象機器の追従性から決定される。その分解能は、同期クロックCを計数することから、同期クロックCの周期、すなわち動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>の更新の周期と等しいものとなる。また、遅延時間t<sub>1</sub>～t<sub>3</sub>は、対応する制御対象機器の追従性の速いもの程大きく、追従性の遅いものに対しては小さく設定される。

【0063】ここで、本実施例では、仮に、各制御対象機器の追従性を速いものから順に、高周波加速装置7、偏向電磁石5、四極電磁石6とし、各遅延時間t<sub>1</sub>～t<sub>3</sub>は、t<sub>1</sub>=2×基準クロック周期、t<sub>2</sub>=1×基準クロック周期、t<sub>3</sub>=0としている。

【0064】一方、タイミング制御装置9から出力されるパターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>は、それぞれ対応するパターンメモリ12へ入力され、パターンメモリ12はこのパターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>に従って、対応する制御電源13へ出力する動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を更新する。これにより、各制御電源13は、この動作基準値E<sub>1</sub>～E<sub>3</sub>を基準にして、各制御対象機器の動作、すなわち高周波加速装置7の加速電圧、偏向電磁石5のコイル電流、四極電磁石6のコイル電流等をそれぞれ制御する。

【0065】上述したように、本実施例の粒子加速器の

タイミング制御装置9は、水晶発振器と分周器とからなり、水晶発振器で発生したクロック信号を、分周器により分周して基準クロックAを出力する基準クロック発生器10と、基準クロック発生器10から出力される基準クロックAと、システム制御系8からの加速開始を示すスタートパルスBとの同期をとり、同期クロックCを出力する同期回路11と、制御対象機器と同数だけ設けられ、同期回路11から出力される同期クロックCを所定数だけ計数する遅延カウンタ22、および同期回路11から出力される同期クロックCと、遅延カウンタ22からの出力との論理積をとり、パターンクロックD<sub>1</sub>～D<sub>3</sub>を出力する論理積回路23からなる遅延手段21とから構成したものである。

【0066】従って、各制御対象機器に対する動作基準値の更新の始まるタイミングを、その更新周期を分解能として変えることができる。すなわち、追従性の速い制御対象機器に対する動作基準値の更新の開始を、追従性の遅いものよりも遅らせることで、相対的な追従性の差を補正することができる。換言すれば、追従性の異なる複数の制御対象機器に対して、その補正を容易に行なうことが可能となる。

【0067】図3は、本実施例における動作基準値と実際の動作値との関係の一例を示す図である。なお、図3では、説明の簡単化のため、高周波加速装置7と偏向電磁石5の場合のみについて図示している。

【0068】図3において、パターンクロックD<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>は、図1、図2のパターンクロックD<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>に、動作基準値E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>は、図1の動作基準値E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>にそれぞれ対応している。また、r<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>は、それぞれの制御電源13内でランプ状に変換された動作基準値を示し、x<sub>1</sub>、x<sub>2</sub>はそれぞれの実際の動作値を示している。さらに、r<sub>2</sub>'は、高周波加速装置7を基準に見た時の見かけ上の偏向電磁石5の動作基準値である。なお、遅延設定値t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>は、図2の遅延設定値t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>に対応している。

【0069】すなわち、本実施例においては、高周波加速装置7の方が追従性が速いため、高周波加速装置7に対する動作基準値E<sub>1</sub>の更新の開始を遅らせている。これにより、追従性が遅い偏向電磁石5に対する見かけ上の動作基準値r<sub>2</sub>'が実際の動作基準値r<sub>2</sub>よりも遅れ、あたかも追従性が速くなったかようになる。つまり、見かけ上の追従偏差ε<sub>2</sub>'、遅れ時間Δt<sub>2</sub>'も、実際の追従偏差ε<sub>2</sub>、遅れ時間Δt<sub>2</sub>よりも大幅に改善される。

【0070】また、追従性の速い高周波加速装置7が立ち上がったのに、追従性の遅い偏向電磁石5が立ち上がっていないといったアンバランスも改善される。

【0071】次に、請求項2および請求項3に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の一実施例について述べる。

【0072】図4は、請求項2および請求項3に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の全体構成例を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0073】すなわち、本実施例の粒子加速器のタイミング制御装置9は、図4に示すように、前述した図1の実施例におけるタイミング制御装置9に、その一構成要素として分周器24を付加した構成としている。

【0074】ここで、分周器24は、図4に示すように、各遅延手段21の後に設けられ、対応する遅延手段21から出力される遅延同期クロック $C_1' \sim C_3'$ を分周してパターンクロック $D_1 \sim D_3$ を出力するもので、かつその分周比を任意に設定できるものである。

【0075】なお、以後では、説明の簡単化のため、本実施例においても上記図1の実施例の場合と同様に制御対象機器は3つとし、他の制御対象機器については省略している。

【0076】次に、以上のように構成した本実施例の粒子加速器のタイミング制御装置9の動作について、図5に示すタイミングチャート図を用いて説明する。

【0077】まず、基準クロック発生器10は、図4に示した加速タイミング制御系の全ての動作のタイミングの基準となる基準クロックAを出力する。

【0078】この場合、本実施例では、基準クロックAの周期は、制御対象機器の追従性の補正の分解能となり、ここでは動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新周期の10分の1としている。なお、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新周期は、上記図1の実施例の場合と同様に決定される。

【0079】一方、システム制御系8は、本タイミング制御系を含む粒子加速器システム全体の制御系であり、加速開始を指令するスタートパルスBを本タイミング制御装置9へ入力する。

【0080】また、同期回路11は、上記図1の実施例の場合と同様に、システム制御系8からのスタートパルスBと基準クロックAの同期をとって、同期クロックCを各遅延手段21へ出力する。

【0081】さらに、各遅延手段21でも、上記図1の実施例の場合と同様に、遅延カウンタ22にあらかじめ設定されている遅延時間 $t_1 \sim t_3$ において、遅延同期クロック $C_1' \sim C_3'$ を出力する。

【0082】この場合、遅延時間 $t_1 \sim t_3$ の分解能は、遅延カウンタ22が基準とするクロックの周期であるから、ここでは動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新周期の10分の1である。また、遅延同期クロック $C_1' \sim C_3'$ の周期も、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新周期の10分の1である。

【0083】さらにまた、各遅延手段21から出力された遅延同期クロック $C_1' \sim C_3'$ は、分周器24に入

力されて10倍の周期、すなわち動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新周期に分周されて、パターンクロック $D_1 \sim D_3$ として出力される。

【0084】上述したように、本実施例の粒子加速器のタイミング制御装置9は、水晶発振器と分周器とからなり、水晶発振器で発生したクロック信号を、分周器により分周して基準クロックAを出力する基準クロック発生器10と、基準クロック発生器1から出力される基準クロックAと、システム制御系8からの加速開始を示すスタートパルスBとの同期を取り、同期クロックCを出力する同期回路11と、制御対象機器と同期だけ設けられ、同期回路11から出力される同期クロックCを所定数だけ計数する遅延カウンタ22、および同期回路11から出力される同期クロックCと、遅延カウンタ22からの出力との論理積を取り、パターンクロック $D_1 \sim D_3$ を出力する論理積回路23からなる遅延手段21と、各遅延手段21に対応して設けられ、対応する遅延手段21から出力される遅延同期クロック $C_1' \sim C_3'$ を分周してパターンクロック $D_1 \sim D_3$ を出力し、かつその分周比を任意に設定できる分周器24とから構成したものである。

【0085】従って、各パターンメモリ $D_1 \sim D_3$ の始まるタイミングを、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新の周期よりも細かい分解能で設定できる。すなわち、各制御対象機器の立ち上がりのタイミングをより一層細かく設定できるため、上記図1の実施例の場合に比べて、より一層精密な補正を行なえることになる。換言すれば、追従性の異なる複数の制御対象機器に対して、その補正をより一層容易に行なうことが可能となる。

【0086】また、分周器24の分周比を任意に設定できるものとしているため、パターンメモリ12のデータの書き換えや基準クロックAの周期の変更等を行なわずに、ビームの加速に要する時間を変えることができる。すなわち、分周器24の分周比を大きくすれば、パターンクロック $D_1 \sim D_3$ の周期が長くなり、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ がゆっくり更新される。よって、加速の開始から終了までの時間が長くなり、その間に加速器の詳細な運転データの収集等も行なえる。

【0087】さらに、上記構成のうち基準クロック発生器10が出力する基準クロックAを、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新の周期より速いものとすると共に、遅延手段21の出力を分周して、動作基準値 $E_1 \sim E_3$ の更新の周期に分周する分周器24を付加しているため、より一層精密に各機器の追従性の補正を行なうことが可能になる。

【0088】さらにまた、上記分周器24の分周比を任意に切り換えられる機能を付加しているため、粒子加速器における荷電粒子ビームの加速に要する時間を容易に変更することが可能となる。

【0089】



12

【図５】同実施例の粒子加速器のタイミング制御装置における詳細な動作を説明するためのタイミングチャート図。

【図7】従来の粒子加速器のタイミング制御装置の構成例を示すブロック図。

【図8】従来の粒子加速器のタイミング制御装置を用いたタイミング制御系の動作を説明するための図。

10 1…荷電粒子入射器、2…静電インフレクター、3…加速・蓄積リング、4…真空ダクト、5…偏向電磁石、6…四極電磁石、7…高周波加速装置、8…システム制御系、9…タイミング制御装置、10…基準クロック発生器、11…同期回路、12…パターンメモリ、13…制御電源、21…遅延手段、22…遅延カウンタ、23…論理積（AND）回路、24…分周器、A…基準クロック、B…スタートパルス、C…同期クロック、 $C_1 \sim C_3$ …遅延同期クロック、 $D_1 \sim C_3$ …パターンパルス、 $E_1 \sim E_3$ 、 $R_A$ 、 $R_B$ …動作基準値、 $r_1 \sim r_3$ 、 $r_A$ 、 $r_B$ …ランプ状に変換された動作基準値、 $r_2'$ …見かけ上の動作基準値、 $t_1 \sim t_3$ …遅延時間、 $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$ 、 $\Delta t_A$ 、 $\Delta t_B$ …遅れ時間、 $\Delta t_2'$ …見かけ上の遅れ時間、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_A$ 、 $X_B$ …実際の動作値、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $\epsilon_A$ 、 $\epsilon_B$ …追従偏差、 $\epsilon_2'$ …見かけ上の追従偏差。

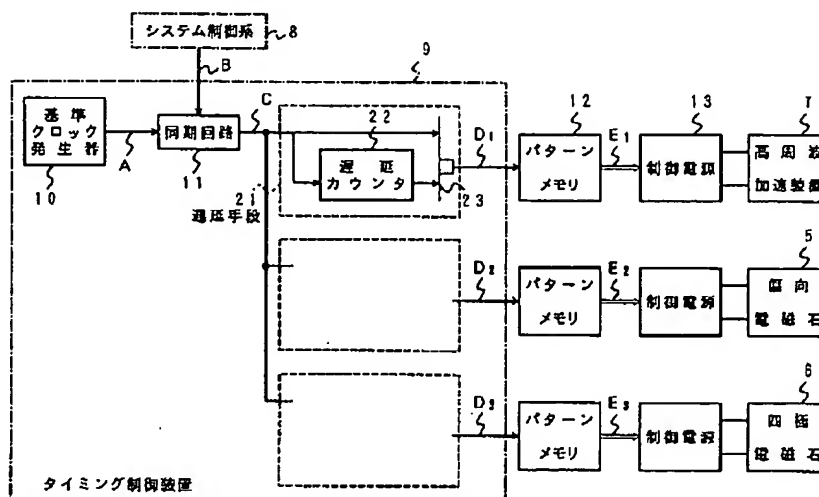
【図１】請求項１に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の一実施例を示すブロック図。

【図２】同実施例の粒子加速器のタイミング制御装置における詳細な動作を説明するためのタイミングチャート図。

【図3】同実施例の粒子加速器のタイミング制御装置を用いたタイミング制御系の動作を説明するための図。

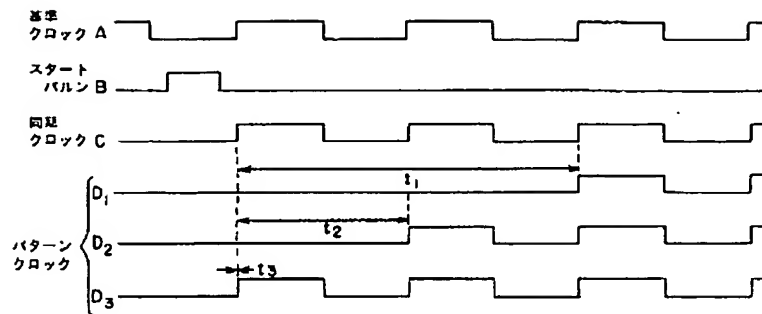
【図４】請求項２および請求項３に係る発明による粒子加速器のタイミング制御装置の一実施例を示すブロック図。

【图1】

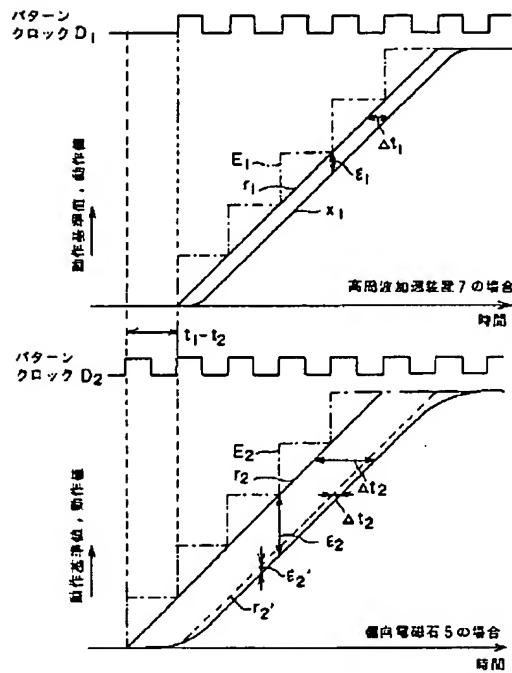




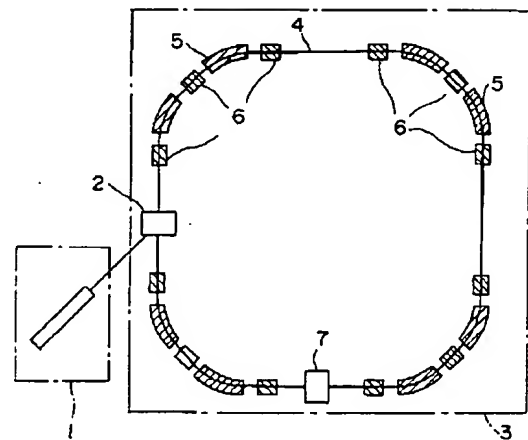
【図2】



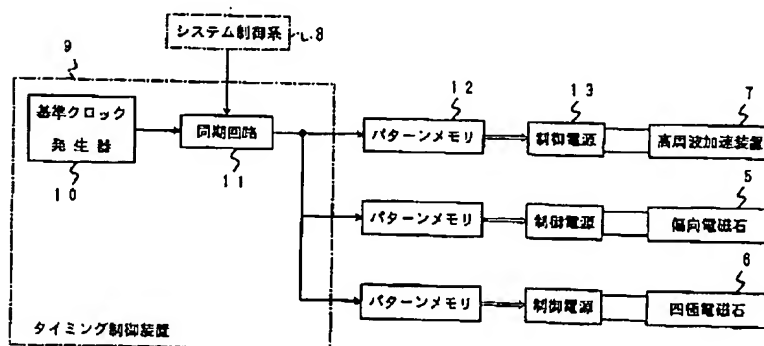
【図3】



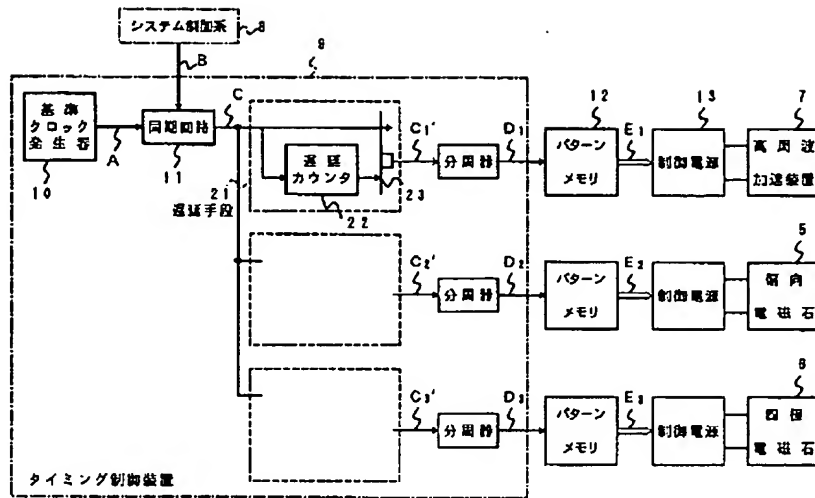
【図6】



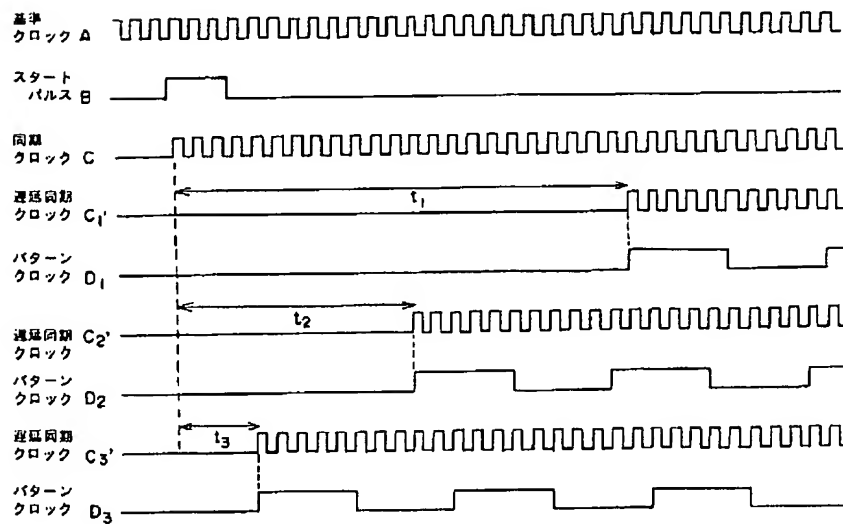
【図7】



【図4】



【図5】



【図8】

